

# ПРИНЦИПЫ И КАТЕГОРИИ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНФЛИКТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

**Мистров Л.Е.**

*ВУНЦ ВВС «ВВА», ФГБОУВО Центральный филиал «РГУП»  
mistrov\_le@mail.ru*

*Аннотация: предлагаются принципы и категории синтеза информационных систем обеспечения конфликтной устойчивости взаимодействия крупномасштабных систем применительно к условиям конфликта “соперничество”. Рассматривается общая постановка задачи синтеза информационных систем с использованием принципов (общих, частных и специальных принципов) и категорий (аспектов, уровней, стадий и этапов) синтеза.*

Ключевые слова: крупномасштабная система, взаимодействие, конфликтная устойчивость, информационная систем, информационная безопасность, принцип, категория, аспект, уровень, стадия, этап, эффективность

## **1 Общие положения**

В современных условиях выполнение наиболее социально-значимых задач осуществляется крупномасштабными организационно-техническими системами (КС). Реализация выполнения КС заданной совокупности задач базируется на овладении и поддержании целевого превосходства (по крайней мере, паритета), достигаемого в финансово-экономической операции на основе оптимального распределения различного вида ресурса в условиях конфликта.

Конфликт представляет способ взаимодействия КС по использованию находящегося в сфере их интересов того или иного ресурса и в реальности проявляется в форме “конкуренция”, от результатов разрешения которого зависит процесс развития, жизнедеятельности и гибели системы. Достижение целей в данной форме конфликта каждой из КС обеспечивается нейтрализацией действий конкурирующей стороны, основанной на осуществлении ответной (оборонительной) и исполнительной функций. Реализация оборонительной функции основывается на активной и/или информационной защите элементов КС, а исполнительной функции – нарушением до требуемого уровня функционирования элементов конкурирующей КС. В общем случае КС предназначена для выполнения с заданной эффективностью некоторой совокупности задач для определенных условий внешней среды. Поэтому особую значимость в условиях конфликта приобретает задача обеспечения эффективных действий КС на основе применения различных способов и средств обеспечения конфликтной устойчивости (КУ) развития, направленных на нейтрализацию действий конкурирующей КС при реализации наступательной функции.

Выполнение задач КС на каждом из этапов финансово-экономической операции базируется на принятии управляющих решений на основе применения информационных систем (ИС), обеспечивающих получение, анализ, обработку различного рода информации как о характеристиках КС, так и условиях конкурентной среды. В качестве основы ИС для обеспечения КУ взаимодействия КС является применение методов и различного функционального назначения средств информационной безопасности (ИБ) [1]. Исходя из этого, под ИС понимается совокупность

объединенных общностью целью и управлением совокупность средств управления, добывания информации и исполнения – ИБ, предназначенных для обеспечения КУ взаимодействия КС.

Научное обоснование облика ИС представляет собой синтез и осуществляется с использованием соответствующей методологии. К настоящему времени на практике разработано большое число методов синтеза, разработанных применительно к конкретным типам систем. Многообразие методов обусловлено назначением КС, которые используются для выполнения различных социально-значимых задач. Требования же обеспечения КУ развития КС делают невозможным в полной мере воспользоваться данными методами и обуславливают необходимость их дальнейшего методологического развития применительно к специфическому классу исследуемых объектов – ИС. Исходя из этого цель статьи состоит в развитии положений методологии синтеза ИС для обеспечения КУ взаимодействия КС, под которыми понимается взаимообусловленная структура принципов и категорий (аспектов, уровней, стадий, этапов) синтеза, объединенных применительно к данному классу объектов системным подходом.

## 2 Принципы синтеза

В современных условиях времени методология синтеза сложных систем базируется, в основном, на классическом подходе, предусматривающем независимое проектирование различного типа элементов и объединение их единством цели в виде какой-либо совокупности в систему. Использование данного подхода приводит к завышению характеристик элементов ИС, несоответствию их задаваемым требованиям, а также быстрому изменению эффективности ее применения при изменении внешних условий. Это обуславливает необходимость перехода к системному подходу синтеза ИС, под которым понимается взаимообусловленная система принципов, выполнение которых обеспечивает всесторонний учет внешних и внутренних условий синтеза разрабатываемой системы.

Принципы синтеза ИС представляют исходные основополагающие понятия, определяющие направленность процесса синтеза, его структуру, развертывание и результаты. Они выражают устойчивые и распространенные правила, объективные закономерности общего характера построения реальных ИС, которые иерархически детализируются и “вкладываются” друг в друга по мере углубления рассмотрения объекта синтеза. Степень и глубина его применения зависят от сочетания различных принципов, принятых при синтезе. Исследователи стремятся скоординировать эти принципы, составить из них единую и стройную систему ценой отступления от точного соблюдения некоторых из них в каждом конкретном случае. В результате находят приемлемые компромиссы, совершенствуются и выявляются новые принципы.

В широком смысле в качестве этих принципов возможно рассматривать известные общие принципы научного исследования, существо которых в той или иной мере раскрыто в литературе по методологии науки. В узком смысле при конкретном приложении научных принципов к синтезу ИС выделяется группа принципов, которые концентрированно выражают опыт синтеза подобных систем, практику их создания и целевого применения (см. рис. 1) [2].



Рис. 1. Принципы синтеза ИС

Для решения задач синтеза ИС вводится, как правило, совокупность принципов, ограничивающая границы области исследований для поиска и выбора ее оптимального варианта на

основе известных математических методов и проводится декомпозиция исследуемой проблемы на иерархическую совокупность задач допустимой сложности с введением на каждом уровне различных принципов и соответствующих математических зависимостей, позволяющих в наглядном виде однозначно для принятых предположений, допущений и ограничений провести их вычисление, проанализировать полученные результаты и сформулировать присущие моделируемому процессу основные закономерности. Принципы синтеза ИС разделяются на общие, частные и специальные, схема взаимосвязи которых приведена на рис. 2.

Общие принципы синтеза относятся к общенаучным. Применение этих принципов упорядочивает структуру синтеза с позиций общих закономерностей, а содержание логически следует из наименования и достаточно ясно. Существо данных принципов состоит в следующем.

*Принцип целостности* представляет целостную совокупность элементов: с одной стороны ИС – целостное образование, а с другой – в её составе могут быть выделены целостные элементы, обладающие системозначимыми и системоопределяющими свойствами. Он выражает одно из важнейших свойств процесса синтеза как сложной системы взаимодействующих и взаимозависящих составных частей (подпроцессов), находящихся в определенном окружении. Поскольку объективным источником целостности процесса синтеза является ИС, а основу целостности составляют модель синтеза и база знаний, то именно они определяют, что конкретно и в каком объеме включается в процесс синтеза, в каких пределах осуществляется те или иные исследования. Вместе с тем принцип целостности требует выделения в процессе синтеза такого ведущего подпроцесса, который выполняет системообразующую функцию и определяет направленность и содержание всего процесса. Другие подпроцессы синтеза должны рассматриваться как различные формы проявления ведущего подпроцесса.

*Принцип существенных устойчивых связей* между элементами, которые с закономерной необходимостью определяют интегративные свойства ИС и выделяет её из окружающей среды в виде целостного образования. Связи определяют обмен между элементами ИС с окружающей средой, веществом, энергией и информацией и характеризуют преобразование значений параметров без изменения физической природы элемента.

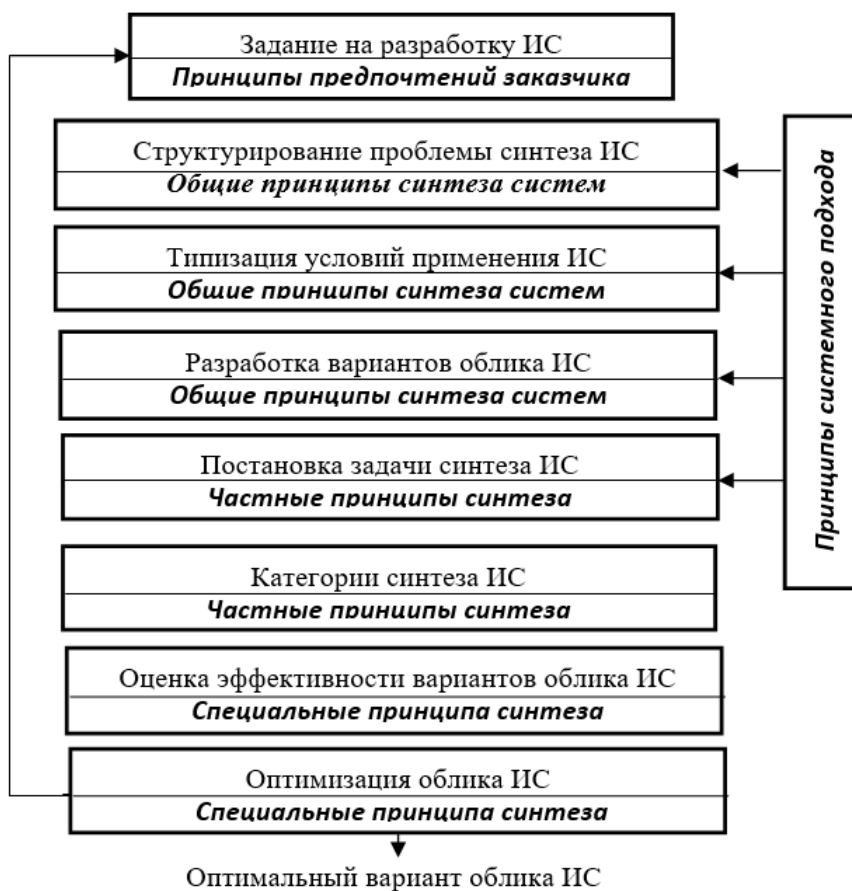


Рис. 2. Схема взаимосвязи принципов и категорий синтеза облика ИС

*Принцип организации* характеризует наличие определенной организации ИС и обуславливает формирование существенных связей элементов, упорядоченное распределение связей и элементов во времени и пространстве. Связи позволяют сформировать структуру ИС, а свойства элементов трансформируются в функции, связанные с ее интегрированными свойствами.

В ходе синтеза облик ИС становится всё более конкретным. В синтез вовлекаются все новые специалисты и средства, расширяется база знаний синтеза, возрастает размерность и сложность структуры синтеза. Эти изменения регулирует *принцип преемственности развития*. В соответствии с ним при развертывании процесса синтеза ИС присутствуют моменты непрерывности и скачков в его облике. Непрерывность развития облика ИС осуществляется в рамках фиксированного ведущего подпроцесса синтеза, скачки – в обусловленных им других подпроцессах синтеза, при переходе между ними, а также при смене ведущего подпроцесса синтеза.

*Принцип иерархии* является дальнейшей конкретизацией принципа целостности. В соответствии с ним каждый подпроцесс процесса синтеза ИС рассматривается как сложная система, состоящая из взаимодействующих подсистем и имеющая соответствующее окружение. При делении процесса синтеза ИС на более мелкие подпроцессы образуются уровни, состоящие из набора пар «система-окружение». Более мелким подпроцессам соответствуют глубокие уровни, которые обобщенно влияют на исходный уровень: одним и тем же результатам исходного уровня соответствует широкий спектр результатов глубоких уровней процесса синтеза ИС. При этом с исходного уровня на более глубокие поступают цели, ресурсы и ограничения исследований, а возвращаются обратно предложения по путям и средствам достижения поставленных целей. Таким образом между уровнями процесса синтеза ИС образуются отношения иерархии.

Частные принципы синтеза, в отличие от общих, раскрывают отдельные, частные стороны, особенности и закономерности синтеза ИС. К частным относятся принципы иерархии, ситуативности, совпадения структур и смены оснований.

*Принцип аналогии структур* предполагает определенную аналогию между составом и структурой процесса её синтеза.

*Принцип системных итераций* предполагает не только возврат на начальные этапы исследования и смену исходных данных, но и возможность даже изменения постановки задачи синтеза.

*Принцип последовательного приближения* выражает невозможность получения полного описания ИС и требований к ней на начальных этапах синтеза. Чтобы синтезировать ИС, нужно её понять, а чтобы понять – синтезировать.

*Принцип ситуативности*. Процесс синтеза ИС является динамичным. В ходе синтеза представления об облике ИС и её окружение изменяются. Поэтому каждому временному сечению процесса синтеза должна соответствовать определенная “ситуация”, образованная конкретным набором подпроцессов синтеза и связанных с ними обликом ИС, состоянием субъекта и базы знаний синтеза, а также используемыми исходными данными и средствами синтеза.

*Принцип совпадения структур* предполагает аналогию между структурой ИС и структурой синтеза. Эта аналогия носит обобщенный характер и выражает основные, необходимые формы, связи и отношения ИС. В связи с этим структура процесса синтеза ИС обладает некоторой независимостью от структуры ИС и может “храниться” в организационной структуре субъекта синтеза, базе знаний и средствах синтеза в виде обобщенного облика ИС предшествующих поколений. На начальных этапах синтеза возникает противоречие между структурой новой структуры ИС и “хранящейся” структурой, реализуемой специалистами синтеза в структуре процесса синтеза. Для устранения этого противоречия в ходе синтеза проводится коррекция структуры специалистов синтеза, базы знаний и средств синтеза.

На конечных этапах синтеза облика ИС результаты синтеза освобождаются от особенностей специалистов синтеза, базы знаний и средств синтеза, структура процесса синтеза асимптотически сближается со структурой ИС.

*Принцип смены оснований*. Процесс синтеза есть результат взаимодействия специалистов синтеза с объектом синтеза, причём последняя (ИС) выступает как необходимое условие существования этого процесса. С другой стороны, облик ИС является результатом синтеза. Таким образом, в синтезе ИС является одновременно и причиной, и следствием, и условием, и обусловленным. Исходя из этого, он указывает на то, что в ходе синтеза должно происходить последовательное превращение одних факторов (свойств и характеристик ИС, её окружения), которые играли роль следствий других факторов, в исходные формы их проявления, в причины. Очевидно, что такая смена оснований обуславливает поступательно-возвратный, точнее,

спиралеобразный, при котором происходит непрерывное нарастание объема представлений о ИС и возрастает глубина обоснованности её свойств, характеристик и функционирования.

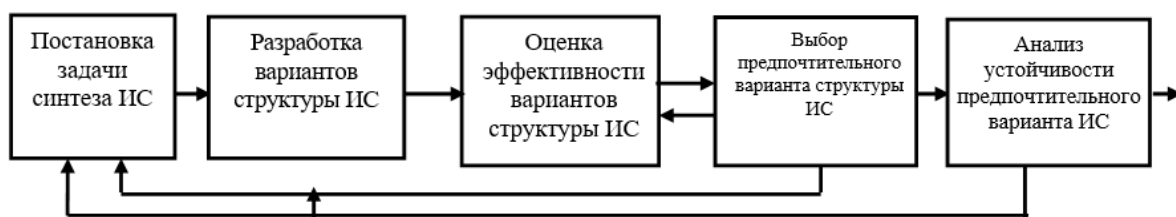
Специальные принципы (см. рис. 1) определяют соответствующие формальные конструкции при разработке постановки задачи синтеза, выборе путей и методов её решения, обосновании критериев и показателей эффективности, создании математических моделей и методик. Их применение зависит от особенностей ИС, объема и достоверности исходных данных, состояния научно-технического задела и т.п. К основным из них относятся принципы максимального элемента, гарантированного результата, последовательного разрешения различного типа неопределенностей, временного баланса, гомотопической инвариантности и др.

Принципы синтеза ИС дают весьма общие, первичные сведения о свойствах и строении метода синтеза. Дальнейшее их расширение требует введения системы базовых категорий, выражающих содержание определенных структурных элементов процесса синтеза.

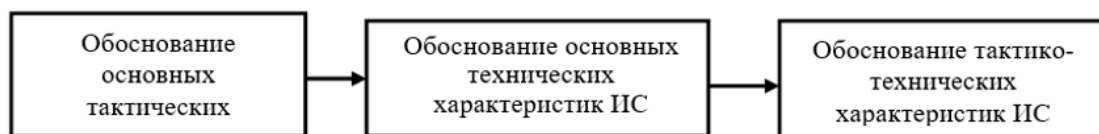
Разработчики и объект синтеза вносят субъективный и объективный элементы в процесс синтеза облика ИС, что обуславливает разделение категорий синтеза на субъективные и объективные. Субъективные категории выражают узловые моменты в работе специалистов и характеризуют временное развитие процесса синтеза – к ним относятся этапы и стадии синтеза. Объективные категории выражают качественные стороны свойств ИС и характеризуют в этом смысле содержательное развитие синтеза – к ним относятся аспекты и уровни синтеза.

### 3 Категории синтеза

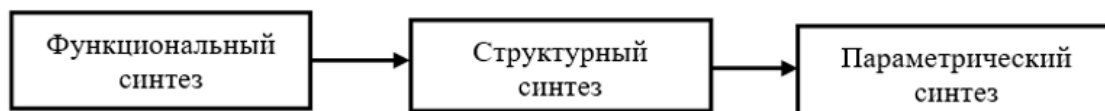
В соответствии с принятыми общими, частными и специальными принципами синтез облика ИС осуществляется по категориям синтеза на основе структурных элементов: этапов, стадий, аспектов и уровней синтеза (см. рис. 3). При необходимости каждая из частей синтеза может быть разделена на более мелкие составные части. Этапы синтеза развертываются в рамках всех остальных частей синтеза, которые, в свою очередь, "вкладываются" друг в друга различным образом. В зависимости от конкретного сочетания устанавливаются иерархические отношения между составными частями синтеза ИС, а также их очередность во времени.



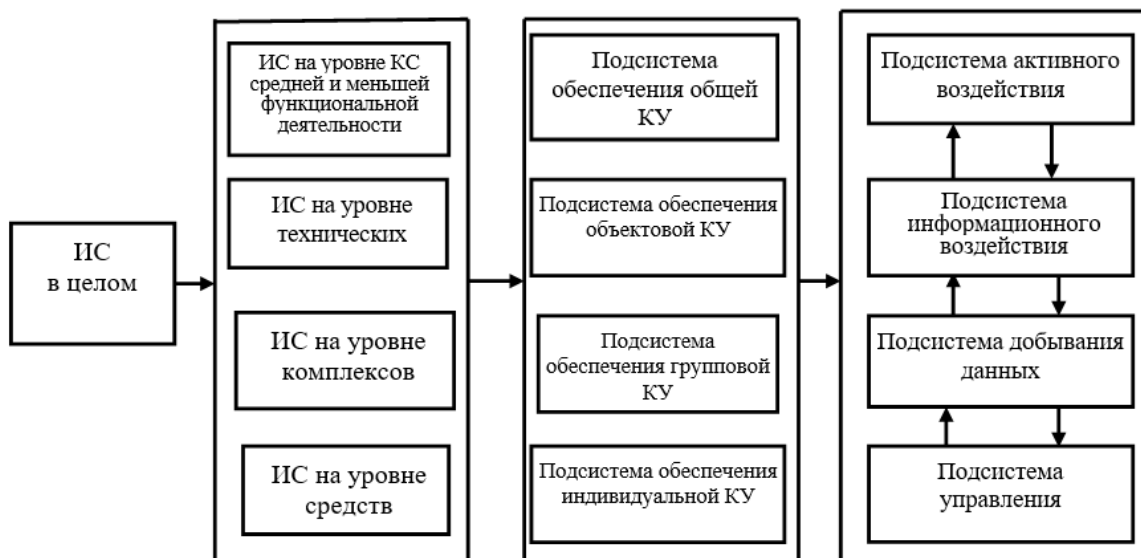
а) этапы синтеза ИС



б) стадии синтеза ИС



в) аспекты синтеза ИС



г) уровни синтеза ИС

Рис. 3. Составные части синтеза ИС для обеспечения КУ взаимодействия КС

Рассмотренные составные части синтеза в большинстве своём традиционны. Специфическими для синтеза ИС являются аспекты синтеза: функциональный, структурный и параметрический.

Функциональный аспект синтеза имеет целью обоснование задач ИС, её состава, структуры и внешних требований, предъявляемых к ней как к системе обеспечения КУ взаимодействия КС.

Структурный синтез направлен на обоснование ИС как технической системы, включающей совокупность средств ИБ различного функционального назначения, объединённых целевыми, информационными, функциональными и другими взаимосвязями (отношениями).

Параметрический синтез проводится в целях оптимизации тактико-технических характеристик средств ИБ в рамках ИС.

На рис. 3 показан лишь один цикл синтеза облика ИС. На практике из-за возвратно-поступательного характера процесса синтеза его составные части, переплетаясь и сочетаясь различными способами, образуют многосвязную и подвижную структуру синтеза облика ИС. Это обуславливает необходимость привлечения соответствующей гибкой и структурно сложной системы методов синтеза. Для каждой из составных частей синтеза применяется своя совокупность методов. Совокупность всех применяемых методов составляет содержание и структуру общего метода синтеза облика ИС, являющегося основой для решения задачи синтеза.

#### 4 Постановка задачи

Постановка задачи синтеза ИС формулируется в терминах минимизации затрат на её создание при максимальном значении целевой функции эффективности не ниже требуемого при заданных ограничениях:

$$X^* = \text{Arg} \min_{X \in \{X_o\}} C(X),$$

$$\{X_o\} = \{X : \max_{X \in \{X_o\}} \min_B U(X, B) \geq U_{\text{тр}}, \Phi_i[g(X), \mathcal{E}(X), R(X)] \leq \Phi_{i\text{зад}}, i = \overline{1, N}\},$$

где  $C(X)$  – затраты на создание  $x$  – варианта ИС из множества  $\{X_o\}$  допустимых вариантов, составляющих часть множества  $\{X_g\}$  возможных вариантов;

$B$  – множество параметров конкурирующей КС, влияющих на качество применения  $U$  ИС;

$\Phi_i$  – функционал ограничений (массогабаритных  $g$ , энергетических  $\mathcal{E}$ , пространственно-временных  $R$ ), которым должна удовлетворять ИС;

$N$  – число ограничиваемых параметров ИС;

$U_{\text{тр}}$  – требуемое значение эффективности ИС;

$\Phi_{i\text{зад}}$  – заданный порог значений  $i$ -го функционала ограничений.

Основные подходы к решению задачи синтеза облика (состав, характеристики и порядок функционирования) ИС заключаются в её иерархической декомпозиции на частные задачи в

соответствии с категориями синтеза, разделении множества варьируемых переменных на два условно независимых подмножества, описывающих облик и способы применения для обеспечения КУ развития КС и парирования различного рода неопределенностей путем замены стохастических переменных на их средние или экстремальные значения. Наибольшие трудности в решении задачи синтеза облика ИС возникают при её декомпозиции и последующей свертке частных результатов. При этом декомпозиция по аспектам синтеза имеет вид [3]

а) функциональный синтез

$$\{X^*\}^\phi = \text{Arg} \min_{X \in \{X_\phi\}^\phi} C(X),$$

$$\{X_\phi\}^\phi = \{X : \max_{X \in \{X_\phi\}^\phi} \min_{B^\phi} U(X, B^\phi) \geq U_{\text{тр}}, \Phi_j^\phi[g(X), \mathcal{E}(X), R(X)] \leq \Phi_{j\text{зад}}^\phi, B^\phi \subset B, j = \overline{1, M}\},$$

б) структурный синтез

$$\{X^*\}^c = \text{Arg} \min_{X \in \{X_c\}^c} C(X),$$

$$\{X_c\}^c = \{X : \max_{X \in \{X_c\}^c} \min_{B^c} U(X, B^c) \geq U_{\text{тр}}, \Phi_k^c[g(X), \mathcal{E}(X), R(X)] \leq \Phi_{k\text{зад}}^c, B^c \subset B, k = \overline{1, L}\},$$

в) параметрический синтез

$$\{X^*\}^n = \text{Arg} \min_{X \in \{X_n\}^n} C(X),$$

$$\{X_n\}^n = \{X : \max_{X \in \{X_n\}^n} \min_{B^n} U(X, B^n) \geq U_{\text{тр}}, \Phi_l^n[g(X), \mathcal{E}(X), R(X)] \leq \Phi_{l\text{зад}}^n, B^n \subset B, l = \overline{1, H}\},$$

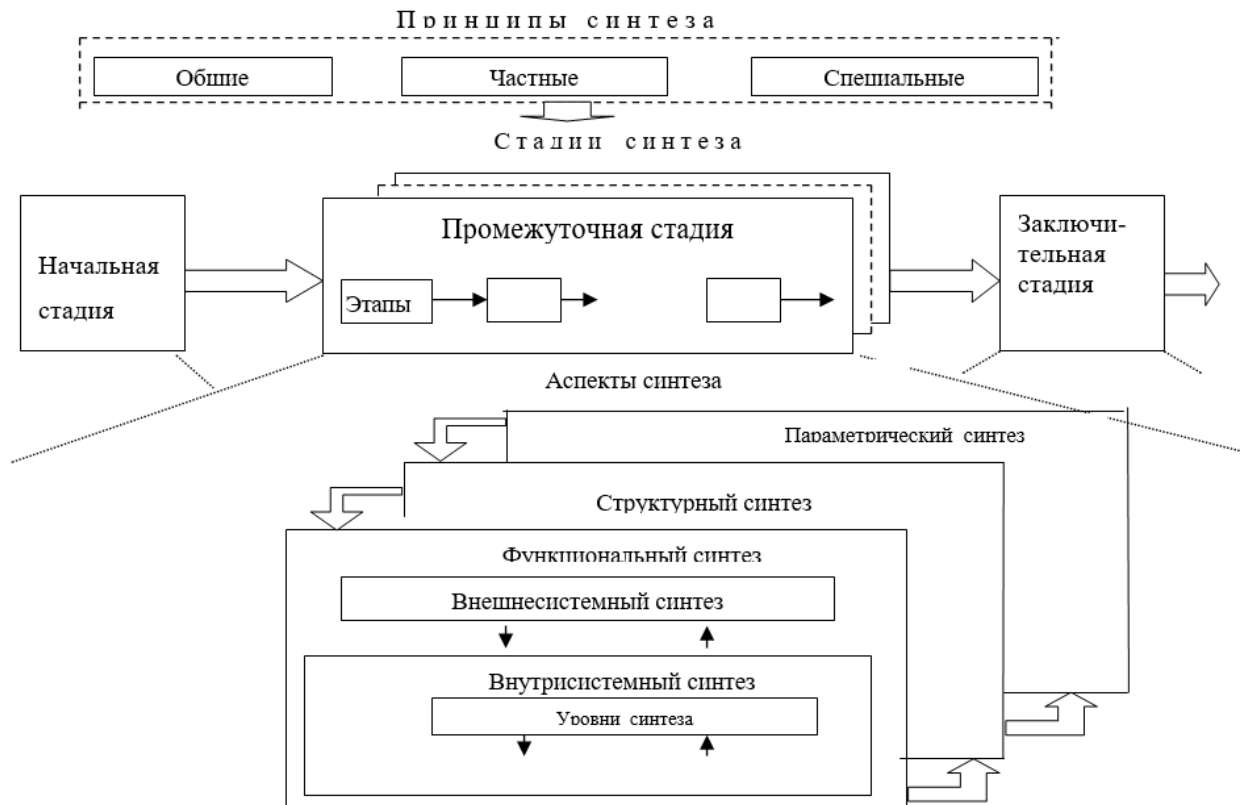


Рис. 4. Взаимосвязь принципов и категорий синтеза ИС обеспечения конфликтной устойчивости взаимодействия КС

В этих постановках задачи синтеза ИС используется одна и та же целевая функция  $C(X)$ , но разные ограничения ( $\Phi_j^\phi, \Phi_k^c, \Phi_l^n$ ), подмножества варьируемых параметров модели конкурирующей КС ( $B^\phi, B^c, B^n$ ) и, соответственно, допустимые множества вариантов ИС ( $\{X_\phi\}^\phi, \{X_c\}^c, \{X_n\}^n$ ). Очевидно, что решения этих задач не совпадают, то есть  $\{X^*\}^\phi \neq \{X^*\}^c \neq \{X^*\}^n$ . Пересечение этих множеств, полученных за один цикл синтеза, как правило, не содержит оптимальный вариант  $X^*$ . Поэтому решением частных задач синтеза по аспектам предварительно ищутся промежуточные

варианты  $\{\tilde{X}^*\}^\Phi, \{\tilde{X}^*\}^c, \{\tilde{X}^*\}^n$ , в результате неоднократного циклического перехода от одного аспекта к другому эти решения уточняются, и при получении "устойчивых" множеств  $\{X^*\}^\Phi, \{X^*\}^c, \{X^*\}^n$  итерационный процесс останавливается.

Декомпозиция задачи синтеза облика ИС по уровням существенно сложнее, поскольку в ней помимо прочего изменяется вид целевой функции.

Взаимосвязь принципов и категорий синтеза ИС обеспечения КУ взаимодействия КС приведена на рис. 4.

В заключение следует отметить, что предложенные принципы позволяют выделить и сузить область исследований, а категории синтеза – обосновать облик ИС, обеспечивающий заданную эффективность конфликтного взаимодействия КС.

## Литература

1. *Мистров Л.Е.* Методы и средства информационной безопасности организационно-технических систем // Информационная безопасность регионов. – 2010. – №1 (6). – С. 22-32.
2. *Мистров Л.Е.* Основные понятия, принципы и категории синтеза обеспечивающих организационно-технических систем // Машиностроитель. – 2005. – №11. – С. 12-17.
3. *Мистров Л.Е.* Основы методологии автоматизированного проектирования организационно-технических систем // Автоматизация и современные технологии. – 2005. – №6. – С. 3-13.